

13 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
11 DE 3027465 C1

Int. Cl. 3:
F27 B3/24
F27 B1/24
F27 D9/00

21 Aktenzeichen: P 30 27 465.8-24
22 Anmeldetag: 19. 7. 80
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag: 18. 3. 82

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Korf-Stahl AG, 7570 Baden-Baden, DE

72 Erfinder:
Marnette, Werner, Dr.-Ing., 7580 Bühl, DE

56 Entgegenhaltungen:
DE-AS 19 34 486
DE-AS 14 58 920
DE-AS 11 08 372
DE-OS 29 05 553
DE-OS 27 22 681

54 Verfahren und Vorrichtung zum Kühlen von Gefäßteilen eines metallurgischen Ofens, insbesondere eines Lichtbogenofens

DE 3027465 C1

DE 3027465 C1

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Kühlen von Gefäßteilen eines metallurgischen Ofens, insbesondere eines Lichtbogenofens, mit einem in den zu kühlenden Wandbereich eingesetzten oder den Wandbereich bildenden Kühlkasten, der eine Wärmeaustauschfläche enthält, auf die eine Kühlflüssigkeit aufgesprüht wird, dadurch gekennzeichnet, daß die räumliche und zeitliche Temperaturverteilung auf der Wärmeaustauschfläche (2) durch eine Vielzahl unabhängiger Temperaturmeßstellen (10) erfaßt und entsprechend den erhaltenen Meßwerten großflächig oder örtlich begrenzt Kühlflüssigkeit nur so lange auf den dem Meßwert zugeordneten Bereich der Wärmeaustauschfläche aufgesprüht wird, solange der betreffende Meßwert oberhalb des Siedepunktes der Kühlflüssigkeit liegt und daß die aufgesprühte Menge auf einen Wert begrenzt wird, bei dem es unter Vermeidung eines zusammenhängenden Flüssigkeitsfilms zu einer spontanen Verdampfung der Kühlflüssigkeit kommt.

2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlflüssigkeit mit einer Tropfengröße von maximal 100 µm auf die Wärmeaustauschfläche aufgesprüht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlflüssigkeit mittels Zerstäuberdüsen auf die Wärmeaustauschfläche aufgesprüht wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 gekennzeichnet durch seine Anwendung zur Kühlung des Deckels eines Elektroofens insbesondere eines Lichtbogenofens.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 gekennzeichnet durch seine Anwendung zur Kühlung der Außenflächen des Ofengefäßes eines metallurgischen Ofens unterhalb der Schmelz- und Schlackenzone.

6. Verfahren nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch seine Anwendung zur Kühlung eines mit dem Schmelzbad in Verbindung stehenden und am Ofengefäß austretenden elektrischen Kontaktstückes eines Elektroofens.

7. Verfahren nach Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die verwendete Kühlflüssigkeit Wasser ist.

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, mit einem in den zu kühlenden Wandbereich eines metallurgischen Ofens, insbesondere eines Lichtbogenofens eingesetzten oder den Wandbereich bildenden Kühlkasten der eine Wärmeaustauschfläche und dieser gegenüberliegend eine Einrichtung zum aufsprühen einer Kühlflüssigkeit auf die Wärmeaustauschfläche enthält, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlflüssigkeit durch die Aufsprüheinrichtung auf verschiedene Bereiche der Wärmeaustauschfläche unterschiedlich dosiert aufsprühbar ist und die Steuerung der Aufsprüheinrichtung durch einen Mikroprozessor auf der Grundlage von Temperaturmeßwerten erfolgt, die durch eine Vielzahl von über die Wärmeaustauschfläche verteilt angeordneten Temperaturmeßgebern geliefert wird.

Die Erfindung offenbart ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Ferner bezieht sie sich auf eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 8.

Bei der Kühlung eines thermisch hoch beanspruchten Wandbereichs eines metallurgischen Ofens, insbesondere eines Lichtbogenofens, mit örtlich und zeitlich stark schwankender thermischer Beanspruchung der Wand besteht das Problem, ein Filmsieden zu verhindern, d. h. ein Auftreten von dünnen Dampfschichten an der Wärmeaustauschfläche, da diese stark wärmeisolierend wirken, an dieser Stelle den Wärmeaustausch stark herabsetzen und es insbesondere bei wasserkühlkästen, die selbst die Ofenwandung bilden, zu einer Beschädigung durch örtliche Überhitzung kommen kann. Um ein Filmsieden zu verhindern, ist es üblich, die Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels im Bereich der Wärmeaustauschfläche zu erhöhen. Dies wird bei der Kühleinrichtung nach der DE-AS 11 08 372 dadurch erreicht, daß die Kühlflüssigkeit der Wärmeaustauschfläche über mehrere Düsen zugeführt wird, die knapp oberhalb dieser Fläche liegen. Bei dem metallurgischen Ofen gemäß der DE-OS 27 22 681 wird die hohe Strömungsgeschwindigkeit und damit ein Verdampfen der Kühlflüssigkeit durch Verengen des Strömungsquerschnitts des Strömungskanals erreicht.

Bei Wasserkühlsystemen mit zwangsgeführten Kühlwasserströmen werden an der Wärmeaustauschfläche Wärmeübergangskoeffizienten von 1000 bis 3000 W/K · m² erreicht, die allerdings Strömungsgeschwindigkeiten von 1–3 m/sec erforderlich machen. Bei wassergekühlten Ofenwänden oberhalb der Schmelzzone und einem Temperaturanstieg im Kühlwasser von ≈ 10 K lassen sich unter günstigen Bedingungen spezifische Kühlwasserverbrauchszahlen von 30 bis 50 l Wasser/m² · min erzielen. Im allgemeinen liegen diese Verbrauchszahlen jedoch bei ≈ 100 l Wasser/m² · min.

Diese Verbrauchszahlen führen bei offenen Kühlwassersystemen, vorzugsweise in Ländern mit Wassermangel, zu einer erheblichen Kostenbelastung des Elektroofenverfahrens. Bei Verwendung geschlossener Kühlwasserkreisläufe wird die Einrichtung großer Pump-, Kühl- und Aufbereitungskapazitäten erforderlich.

Bei Ausnutzung der Verdampfungswärme des Wassers von 2257 KJ/Kg sowie der bei der Verdampfungskühlung erreichbaren Wärmeübergangskoeffizienten von 10 000 bis 20 000 W/K · m² wäre ein wesentlich wirtschaftlicherer Betrieb möglich.

Verdampfungskühlsysteme werden bereits in vielfältiger Weise bei technischen Einrichtungen genutzt. Bei metallurgischen Öfen wird diese Kühltechnik beispielsweise an Hochöfen angewendet. Diese Öfen sind anfolge der kontinuierlichen Prozeßführung durch weitgehend stationäre Betriebszustände gekennzeichnet und liefern damit nahezu konstante Wärmestromdichten an den Wärmeaustauschflächen. Diese Hochofenkühlsysteme können somit wie allgemein bekannte Abhitzeverwertesysteme betrieben werden.

Derartige Verdampfungskühlsysteme, die stets bei hohen Systemdrücken arbeiten, sind bei chargenweise betriebenen Elektroöfen nicht einsetzbar, da während des Schmelzverlaufes über die Außenflächen eines Elektroofens räumlich und zeitlich erheblich schwankende Wärmeströme abgeführt werden müssen.

Aufgabe der Erfindung ist es, bei einem Verfahren bzw. einer Vorrichtung der einleitend genannten Art trotz starker örtlicher und zeitlicher Schwankungen der thermischen Beanspruchung unter Ausnutzung der

Verdampfungsenthalpie eine gute Kühlung über die gesamte Wärmeaustauschfläche zu erzielen. Es soll trotz der örtlichen und zeitlichen Schwankungen der thermischen Beanspruchung ein Filmsieden, das zu einer unzulässig hohen örtlichen thermischen Beanspruchung der Wärmeaustauschwand führt, sicher verhindert werden. Ziel der Erfindung ist ferner eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist durch die Merkmale des Anspruchs 1, die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens durch die Merkmale des Anspruchs 8 gekennzeichnet. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den übrigen Ansprüchen zu entnehmen.

Durch die Erfindung lassen sich die Vorteile der Verdampfungskühlung auch für die Kühlung der Außenflächen eines Elektroofens nutzen. Ein wesentliches Merkmal dieser Erfindung ist, daß Elektroöfen bei sehr geringem Kühlwasserverbrauch auch unterhalb der Schmelz- und Schlackenzone gekühlt werden können, ohne daß eine Beeinträchtigung der Betriebssicherheit gegeben ist.

Das erfindungsgemäße Kühlsystem arbeitet bei Normaldruck oder einem geringfügig über 1 bar liegenden Druck und gewährleistet die Anpassung an die instationären Betriebszustände eines Elektroofens, ohne daß gefährliche Kühlwasseransammlungen an der Ofengefäßwand auftreten.

Dies wird durch das Auftragen feinverteilter Kühlwassermengen mit definiertem Tropfenspektrum auf die zu kühlenden Außenflächen erreicht, wobei durch eine Temperaturmeßeinrichtung gewährleistet ist, daß bei Kühlmittelzufuhr die Außenflächentemperatur stets mindestens der Siedetemperatur des Wassers entspricht, damit eine spontane Verdampfung des Kühlwassers eintritt und die Ausbildung zusammenhängender Flüssigkeitsfilme auf der Wärmeaustauschfläche unterbleibt.

Im Gegensatz zu bekannten Kühlsystemen, wie zum Beispiel in der Offenlegungsschrift 19 34 486 beschrieben, wird bei der hier dargelegten Kühlung das Auftreten koexistierender flüssiger und gasförmiger Phasen bewußt vermieden.

Bei üblichen Verlustleistungen von 29 KW/m² bei Elektroöfen im Bereich oberhalb der Schmelze kann mit dieser Technik ein Kühlwasserverbrauch von 0,6 l Wasser/m² · min erreicht werden.

Der entsprechende theoretische Kühlwasserverbrauch bei einem mit Zwangskonvektion arbeitenden heutigen Kühlsystem liegt bei 41 l Wasser/m² · min.

Zur Erzeugung feinverteilter Wasserströme sind handelsübliche Präzisionsdüsen, zum Beispiel Hohlkegel-, Vollkegel- oder Pneumatikzerstäuberdüsen, geeignet. Schwingend-mechanisch arbeitende Zerstäubereinrichtungen, die beispielsweise mit Ultraschall angeregt werden, können ebenfalls Anwendung finden.

Vorzugsweise wird das Kühlmittel mit gleichbleibender Strahlbreite, gleichbleibendem Tropfenspektrum (0–100 µm) und gleichbleibender Tropfengeschwindigkeit (20–40 m/sec) auf die zu kühlende Fläche aufgebracht.

Beispiele für die Verwirklichung des Erfindungsgedankens werden in den nachfolgend beschriebenen Figuren dargestellt.

Die Fig. 1 zeigt ein Verdampfungskühlsystem 1 mit geschlossenem Kühlmittelkreislauf. Der Systemdruck beträgt ungefähr 1 bar. Das Kühlwasser wird durch Zerstäuberdüsen 3 in feinverteilter Tropfenform 4 auf

die zu kühlende Fläche 2 aufgebracht. Die zu kühlende Fläche 2 und eine Befestigungsfläche 26 für die Düsen 3 bilden einen nach außen abgeschlossenen Raum. Der bei der Verdampfung entstehende Sattedampf wird mittels einer Sattedampfpumpe 5 durch eine Sattedampfleitung 22 dem Kondensator 6 zugeführt. Das dabei entstehende kondensierte Kühlmittel wird in einem Behälter 7 gesammelt und mit einer Flüssigkeitspumpe 8 in einen Druckbehälter 18 gepumpt. Der Druckbehälter 18 gewährleistet bei geöffnetem Ventil 20 einen weitgehend konstanten Flüssigkeitsdruck in der Zuleitung 19.

Teile des Kühlmittels, die unkontrolliert kondensieren, werden durch eine Kondensatrückführungsleitung 9 dem Behälter 7 zugeleitet.

Die Temperatur der zu kühlenden Fläche 2 wird mit einer Vielzahl voneinander unabhängiger Thermofühler 10 ständig gemessen. Bei einem örtlich begrenzten oder großflächigen Überschreiten der unteren Grenztemperatur, die der Siedetemperatur des Wassers entspricht, werden die entsprechend räumlich zugeordneten Zerstäuberdüsen durch Öffnen der Ventile 20 betätigt. Das Kühlwasser wird dann mit gleichbleibendem Volumenstrom solange auf die Oberfläche 2 aufgebracht bis die untere Grenztemperatur erreicht ist. Die Betriebsweise der Zerstäuberdüsen 3 ist somit intermittierend. Die Steuerung der Düseneinschaltzeiten kann durch einen Mikroprozessor 21 erfolgen, der die vielzähligen Temperaturmeßwerte verarbeitet und in entsprechende Befehle für die Ventilstellglieder umsetzt.

An Ofenbereichen, die räumlich und zeitlich stark schwankenden Wärmeflüssen ausgesetzt sind, können, wie in Fig. 1 dargestellt, die Düsen einzeln gesteuert werden. In Gebieten mit gleichmäßiger Wärmebelastung werden mehrere Düsen gruppenweise gesteuert.

Nachfolgend werden die Kennzahlen eines Ausführungsbeispiels aufgeführt:

Wärmestromdichte	29,0 KW/m ² · min
Kühlwasserbedarf	0,6 l/m ² · min
Düsenart	Hohlkegeldüse
Düsenstrahlwinkel	80°
Volumenstrom/Düse	0,12 l/min
Druck am Düsen Eintritt	5,0 bar
Anzahl der Düsen/m ²	5
Abstand Düse/	
Wärmeaustauschfläche	300 mm

Die Fig. 2 zeigt die Anwendung des in Seitenwand 14 eines Elektrolichtbogenofens. In diesem Beispiel wird das Kühlsystem auch in Ofengefäßbereichen angewandt, die unterhalb der Badoberfläche 11 liegen. Die Schmelze 12 befindet sich in einem mit feuerfestem Material 13 ausgemauerten und ausgestampften aus der Seitenwand 14 und dem Ofenboden 16 gebildeten Ofengefäßunterteil, das aus Stahl gefertigt ist. Bei einer feuerfesten Neuzustellung des Elektrolichtbogenofens wird das Ofengefäß entsprechend Fig. 2 bis über die Badoberfläche 11 ausgemauert. Der mit 15 gekennzeichnete Abschnitt der feuerfesten Ausmauerung wird entgegen der in Fig. 2 dargestellten Kühltechnik bei herkömmlichen wassergekühlten Wänden aus Sicherheitsgründen nur teilweise, und zwar von oben her bis zur Badoberfläche 11 gekühlt. Da der Verschleiß der feuerfesten Baustoffe 13 im wesentlichen auf chemische Umsetzungen mit der flüssigen Schmelze 12 zurückzuführen und damit stark temperaturabhängig ist, ist bei einer Verwirklichung des Erfindungsgedankens ent-

sprechend Fig. 2 mit einer erheblichen Verminderung des Verbrauches an feuerfesten Werkstoffen im Badbereich zu rechnen.

Durch die gezielte Wärmeabfuhr in dem mit 15 gekennzeichneten Bereich wird die Isotherme der unteren Reaktionsgrenztemperatur für die chemischen Verschleißreaktionen genügend weit auf die dem Bad 12 zugewandte Seite der feuerfesten Zustellung verlegt, so daß eine ausreichende Reststeindicke und damit eine erhöhte Lebensdauer der Auskleidung erreicht wird.

Die Fig. 3 zeigt die Anwendung des in Fig. 1 dargestellten Kühlverfahrens am Beispiel einer im Boden 16 eines Elektroofens eingesetzten Elektrode 17. Die Bodenelektrode 17 besteht aus einem Werkstoff mit geringem spezifischen elektrischen Widerstand und guter Wärmeleitfähigkeit. Bei den im Schrifttum bekannt gewordenen Bodenelektroden wurde als Elektrodenwerkstoff vorwiegend Kupfer verwendet.

Die Bodenelektrode 17 steht in elektrischem Kontakt

mit der elektrisch leitenden Schmelze 12 über eine erstarrte Teilmenge 23 der Schmelze und dient zur Abführung des elektrischen Stromes von der bei Gleichstrom- und Plasmaöfen im allgemeinen als Anode dienenden Schmelze 12.

Gegenüber den bisher bekannten Kühleinrichtungen für derartige Bodenelektroden, die ausschließlich mit zwangsgeführtem Kühlwasser arbeiten, führt eine Kühlung nach dem hier dargelegten Erfindungsgedanken neben einer Herabsetzung der Kühlwasserverbrauchszahlen insbesondere zu einer bedeutenden Erhöhung der Betriebs- und Arbeitssicherheit.

Bei dem hier dargestellten Beispiel dient das Stromrohr 24, das über die elektrisch leitende Befestigungsplatte 26 der Düsen 3 mit der Bodenelektrode 17 verbunden ist, zugleich als Sattdampfableitung 22. Die Bodenelektrode ist auswechselbar in der zylinderförmigen Halterung 25 befestigt.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

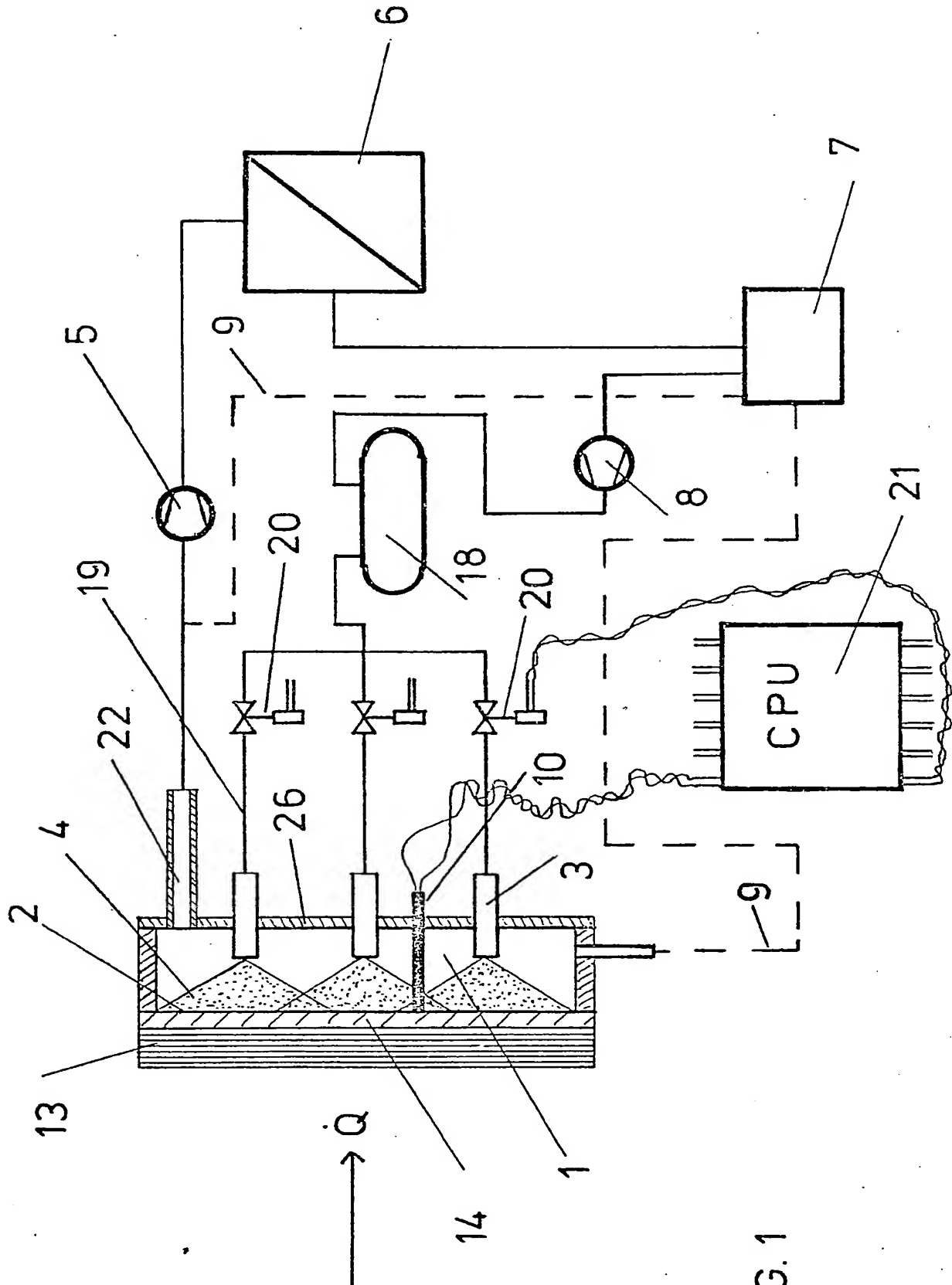
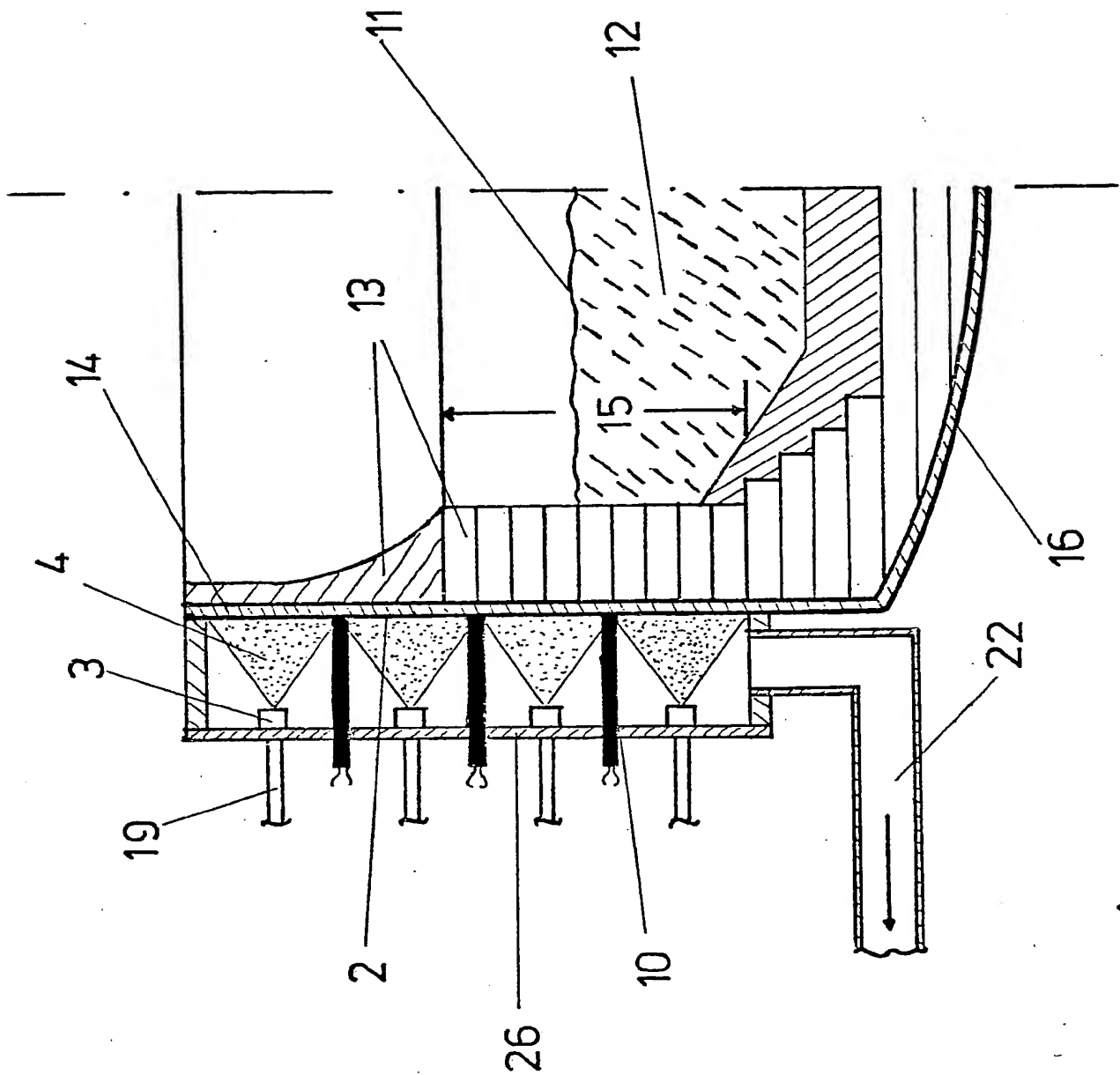


FIG. 1

This Page Blank (uspto)

FIG. 2



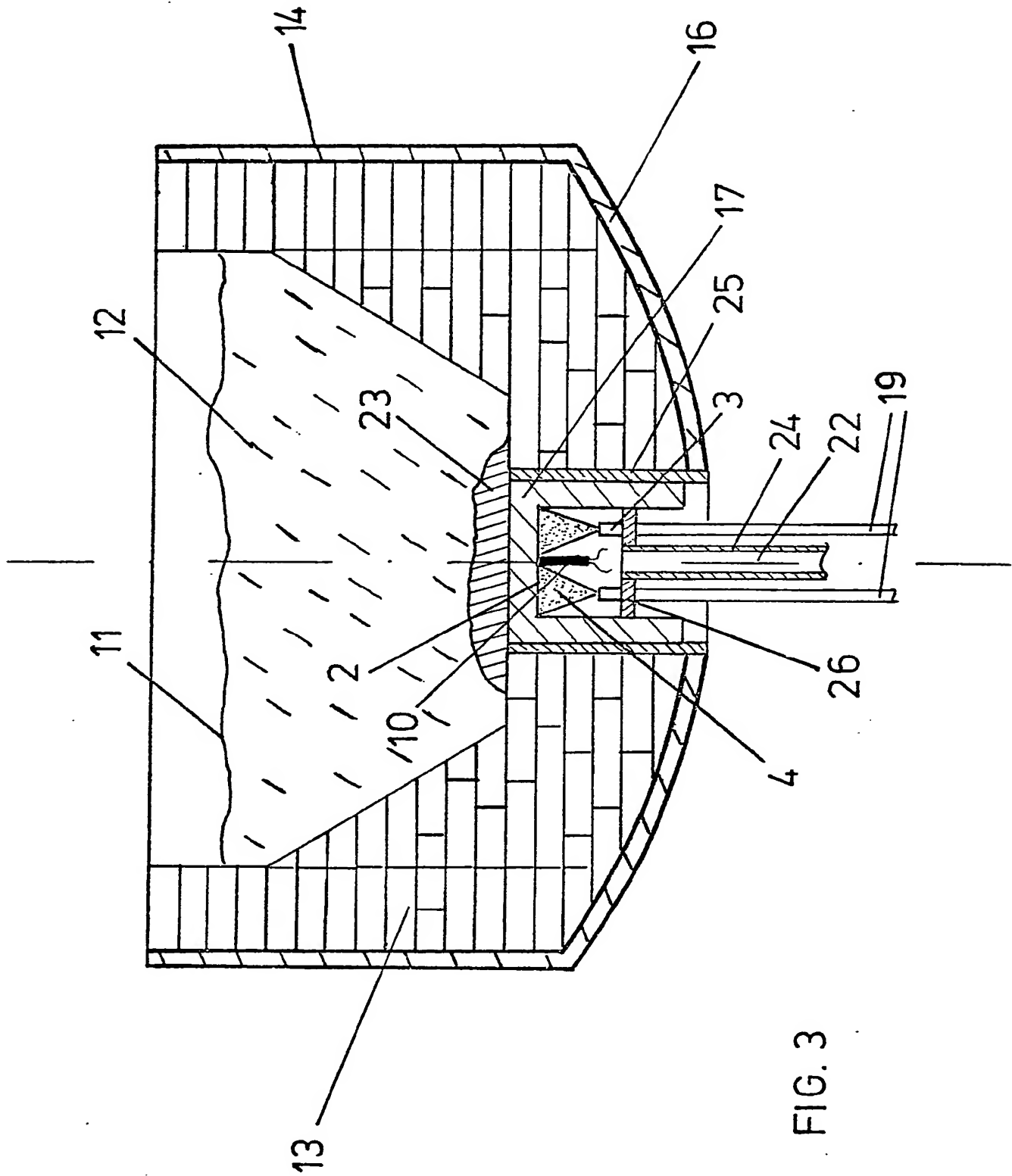


FIG. 3